

ESTIMATING METHOD OF CAUSE OF DEGRADATION OF OIL**Publication number:** JP5040115**Publication date:** 1993-02-19**Inventor:** HAYAMIZU EIJI; MATSUMOTO KOICHI**Applicant:** OSAKA GAS CO LTD**Classification:**

- international: G01N30/86; G01N30/88; G01N33/26; G01N30/00;
G01N33/26; (IPC1-7): G01N30/86; G01N30/88;
G01N33/26

- european:**Application number:** JP19910199071 19910808**Priority number(s):** JP19910199071 19910808[Report a data error here](#)**Abstract of JP5040115**

PURPOSE:To apply prescribed references and techniques to execution of an estimating method of a cause of degradation of oil wherein the cause of degradation of a specimen oil is estimated from a plurality of causes of degradation on the basis of the distribution of composition of a gas component contained in the specimen oil. **CONSTITUTION:**The degree of assurance of the genuineness of some cause of degradation is set beforehand as a function for the composition ratio of each gas component, in regard to each of a plurality of causes of degradation. The composition ratio of the gas component of the specimen oil is multiplied by the degree of assurance corresponding thereto in regard to each of the causes of degradation in a plurality, and the degree of assurance of that cause of degradation is judged to be higher as the product of the multiplication is larger.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-40115

(43)公開日 平成5年(1993)2月19日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 30/86	G	8105-2 J		
30/88	M	8105-2 J		
33/26		8310-2 J		

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平3-199071

(22)出願日 平成3年(1991)8月8日

(71)出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72)発明者 早水 栄治

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(72)発明者 松本 貢一

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(74)代理人 弁理士 北村 修

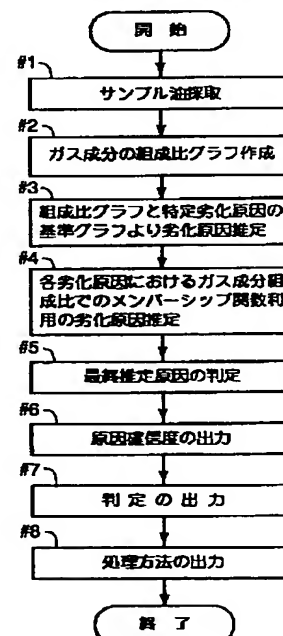
(54)【発明の名称】 油の劣化原因推定方法

(57)【要約】

【目的】 検体油に含有されるガス成分の組成分布によって、複数の劣化原因から、検体油の劣化原因を推定する油の劣化原因推定方法を、一定の基準、手法にそっておこなうことができるものとする。

【構成】 複数の劣化原因夫々について、この劣化原因が劣化の原因であるとする確信度を、ガス成分夫々の組成比に対する関数として予め設定しておき、複数の劣化原因夫々について、検体油のガス成分の組成比に対応する確信度を相乗して、この積が大きい程その劣化原因の確信度が高いと判断する。

油の劣化原因推定手順



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検体油に含有されるガス成分の組成分布によって、複数の劣化原因から、検体油の劣化原因を推定する油の劣化原因推定方法であって、前記複数の劣化原因夫々について、この劣化原因が劣化の原因であるとする確信度を、前記ガス成分夫々の組成比に対する関数として予め設定しておき、単一の劣化原因内で、前記検体油のガス成分の組成比夫々に対応する前記確信度を相乗して、この積値が大きい程その劣化原因の確信度が高いと判断する油の劣化原因推定方法。

【請求項2】 前記ガス成分と前記特定の劣化原因との相関が強いほど、前記確信度が大きく、前記ガス成分の組成比に対する前記確信度の大きい領域の幅が広く取られている請求項1記載の油の劣化原因推定方法。

【請求項3】 前記複数の劣化原因が、夫々、アーク放電、金属構造物以外の局部加熱、脱水素反応、経年変化、過負荷運転、局部加熱であり、前記ガス成分が、夫々、一酸化炭素、水素、メタン、アセチレン、エチレン、エタン、プロピレン、プロパンである請求項1記載の油の劣化原因推定方法。

【請求項4】 前記特定の劣化原因が、アーク放電、コイル以外の局部加熱、脱水素反応、経年劣化、過負荷運転、コイルの局部加熱である場合、前記特定の劣化原因に対する前記確信度が大きく、前記領域の幅が広く取られているガス成分が夫々、前記アーク放電に対するアセチレン、前記コイル以外の局部加熱に対するエチレン、前記脱水素反応に対する水素、前記経年劣化に対する一酸化炭素と水素、前記過負荷運転に対する水素、エチレン、エタン、プロピレン、及び前記コイルの局部加熱に対する一酸化炭素、エチレン、プロピレンである請求項2記載の油の劣化原因推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願は、例えば油入変圧器の絶縁油といった油の劣化原因の推定方法に関するものであり、さらに詳細には検体油に含有されるガス成分の組成分布によって、複数の劣化原因から、検体油の劣化原因を推定する油の劣化原因推定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】以下、劣化原因の推定対象となる油の例として、油入変圧器に封入される絶縁油の場合を例にとって説明する。このような油入変圧器の絶縁油は、経時変化、アーク放電等様々な原因により劣化する。従って、油入変圧器の管理者は周期的にこの絶縁油をサンプリングすることにより、変圧器に於ける寿命、故障等を判断し、適切な処理をおこなう必要がある。この時、油の劣化原因の究明がおこなわれるのであるが、従来劣化原因の推定にあたっては以下に説明するような方法が採

用されていた。

【0003】即ち、採取されたサンプル油は、この油に含まれているガス成分をガスクロ装置等によりガス成分分析され、この成分分析の分布状態から劣化原因（油入変圧器においてはこの故障原因）が経験者の感とその時々判断で推定されていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この推定作業は検体油のガス成分組成グラフと、劣化原因が判明している油のガス成分組成グラフ（これを基準グラフと呼ぶ。）とを経験者が見比べて判断する作業であり、劣化原因、ガス成分の数が多いため、作業者にとって大変複雑な作業であるとともに、熟練を要し、この作業をおこなう場合は経験豊富な専門家に頼るよりしかなかった。また、このような状況から作業者間で統一した判断基準が得られておらず、管理作業者、推定期間によって基準がまちまちであるため、合理的な判断結果に基づいた油入変圧器に対する管理計画等を作成することができなかった（結局、従来、できるだけ安全側で管理がおこなわれてきた。）。

【0005】従って、本願の目的は油の劣化原因の推定作業を、一定の基準、手法にそっておこなうことができる油の劣化原因推定方法を得ることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで本願発明の油の劣化原因推定方法の特徴手段は、複数の劣化原因夫々について、この劣化原因が劣化の原因であるとする確信度をガス成分夫々の組成比に対する関数として予め設定しておき、単一の劣化原因内で、検体油のガス成分の組成比夫々に対応する確信度を相乗して、この積値が大きい程その劣化原因の確信度が高いと判断することにあり、その作用・効果は以下の通りである。

【0007】

【作用】本願の推定方法においては、特定のガス成分組成比に対して、各劣化原因において、その各劣化原因が検体油の劣化原因であるとする確信度（換言すると、劣化原因がこの特定の劣化原因である場合のこの組成比の出現確率）が、予め組成比の関数として設定される。この関数は、例えば専門家の知識を十分に役立てて決定したり、これまでに得られているデータ等から決定される。そして、検体油に現れた各ガス成分の組成比が上述の関数により確信度に変換され、これが特定の劣化原因内で全ガス成分に対して積算される。ここで、この特定劣化原因に関する確信度が大きい程、この検体油の劣化原因としての確信度が高いものと判断される。

【0008】

【発明の効果】従って、本願の方法においては、油の劣化原因の推定作業を前述のガス成分の組成比と確信度間に設定されている関数に基づいて、一定の基準、手法に沿っておこなうことができる。このため、長い経験のあ

る専門家のみならず、一般の作業者においても、一定の基準、手法に沿って推論をおこなうことができ、さらにこの推論作業の再現性も確保できるようになった。

【0009】

【実施例】本願の実施例を図面に基づいて説明する。図1には、本願の油の劣化原因推定方法を採用した劣化原因の推定過程が、フローチャート形式で示されている。以下に、油入変圧器の絶縁油に適応する場合を例にとって、この手順の概略を箇条書きする。

- (1) 油入変圧器より絶縁油のサンプルを採取する（#1）。
- (2) この検体油に含まれるガス成分組成分布を検出し、組成比グラフを作成する（#2）。ここで、別途各ガス成分の濃度（絶対値）も検出される。
- (3) 前述の組成比グラフと、特定劣化原因の劣化油のガス成分組成のグラフである基準グラフとの偏差を調べ、劣化原因の第一確信度E1を割り出す（#3）。
- (4) 前述の組成比グラフに於ける各組成比に基づき、各特定劣化原因下の各組成比に対するこの劣化原因の確信度をメンバーシップ関数により求め、全ガス成分について積算して劣化原因の第二確信度E2を割り出す（#4）。
- (5) #3、#4により割り出された第一、第二確信度（E1、E2）より最終推定原因を判別する（#5）。
- (6) 各原因について、その原因確信度（各原因が劣化の原因である確からしさ。）を出力する（#6）。
- (7) #6における原因確信度に基づいて、判定（この

油入変圧器がどのような原因により劣化しているかの総合判断）を出力する（#7）。

（8）以上の結果より、今後の油入変圧器の処理方法を出力する（#8）。

【0010】手順の概略は以上のものであるが、以下にさらに詳細に各ステップ内の構成について説明する。

#1ステップ

このステップは検体油の採取ステップであり、通常#2に必要な検体量（約50cc程度）が採取される。この場合、油入変圧器下部に残留している通常熱対流を起こさない部位の油を採取しないように注意する必要がある。

#2ステップ

このステップはサンプル油の組成比グラフを作成するステップであり、表1に示すような精密診断分析表および図2に示す組成比グラフを作成する。まず、表1について説明する。この表には、診断対象となる油入変圧器の諸属性（容量、電圧、製造年、製番、製造者等）が記載されるとともに、サンプル油の採取日が記載される。さてここでガス成分の分析は、ガスクロマトグラフによっておこなわれ、対象となる成分は、一酸化炭素、水素、メタン、アセチレン、エチレン、エタン、プロピレン、プロパンである。表1には実際の分析値（ppm単位）及び組成比（全ガス量を100%とした場合の組成比）が表示される。

【0011】

【表1】

精 密 診 断 分 析 表

容 量	15000 KVA	電 圧	77000 V	製造年	1969 年
製 番	111111	製造者	M社		
		採取日 91-3			
		分析値 (ppm)		組成比 (%)	
一酸化炭素	CO	263.0		45.9	
水 素	C ₂	219.0		39.0	
メ タ ン	CH ₄	15.0		2.7	
アセチレン	C ₂ H ₂	0.0		0.0	
エ チ レ ン	C ₂ H ₄	4.0		0.7	
エ タ ン	C ₂ H ₆	50.0		8.9	
プロピレン	C ₃ H ₆	4.0		0.7	
プロ パ ン	C ₃ H ₈	6.0		1.1	

【0012】つぎに図2に示す組成比グラフについて説明する。このグラフの横軸に前述の精密診断分析表に記載される劣化原因が、さらに縦軸には組成比が示されて

いる。ここで、油の分析値が実線で示されており、参考のため経年変化による基準グラフが破線で示されている。

3、# 4 ステップ

これらのステップは油の劣化原因を推定するステップであり、二つの推論過程を含んでいる。先ずこれらの過程に共通する背景から説明する。上記のような油に含有されるガス成分の発生原因（油の劣化原因）は、アーク放電（部分放電含む）、金属構造部（コイル以外）の局部加熱（K型）、脱水素反応、経年劣化、過負荷、コイルの加熱（M型）に大別することができる。そして、これらの原因によって発生するガスの成分組成は、その原因に従って、独特のパターンを示す。これらのパターンが、その劣化原因とともに図3に示されている。さらに、ここで、各パターンについては、これらの劣化原因に毎に、さらに各ガス成分について一定の幅（標準偏差）を備えてデータが分布する。この分布状態は、特定

劣化原因により劣化した油の組成比について把握されているものである。この分布状態が、図3に示すアーク放電起因の基準グラフで、ガス成分が水素のものについて示されている（ここで、分布の平均値が基準グラフの各ガス成分の組成比値位置であり、標準偏差は実際の組成比が取りうる値の幅を代表する量である。）。

ここで、ガス成分と特定の劣化原因との相関が強いほど、組成比の平均（ m_{ij} ）に対する組成比の標準偏差（ S_{ij} ）の比（ S_{ij}/m_{ij} ）が小さくなる。このような組成比の平均（ m_{ij} ）と組成比の標準偏差（ S_{ij} ）の関係を、劣化原因がアーク放電のものについて表2に示す。

【0013】

【表2】

	CO ₂	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
組成比の平均値	20	48	12	9	10	1	0	0
組成比の分散	15	20	12	10	10	5	5	5

【0014】一方、検体油の組成比グラフを見て原因を推論する場合、前述の基準グラフと比較して、劣化が「この原因によるらしい」とする「確からしさ（確信度）」を各劣化原因の各ガス成分の組成比に関連して関数的に表現することも可能である。この様な「確信度」を0～1の確率で表現したものがメンバーシップ関数である。図4に劣化原因がアーク放電である確信度の分布が示されている。ガス成分が水素である場合の確信度について説明すると、a1、a5部が確信度0の部位であり、a2、a4部が確信度0～1の中間位置に位置する部位であり、a3部が確信度1の部位である。また図5に、劣化原因がアーク放電であるメンバーシップ関数をガス成分毎について示した。ここで、このメンバーシップ関数においては、ガス成分と特定の劣化原因との相関が強いほど、確信度が大きくなるとともに、ガス成分の組成比に対する確信度の大きい領域の幅が広がる。また各劣化原因について述べると、特定の劣化原因に対する確信度の高く、領域の幅が広いガス成分要素との対応は、アーク放電に対してアセチレン、コイル以外の局部加熱に対してエチレン、脱水素反応に対して水素、経年劣化に対して一酸化炭素と水素、過負荷運転に対して水素、エチレン、エタン、プロピレン、及びコイルの局部加熱に対して一酸化炭素、エチレン、プロピレンである。以上説明したように、劣化原因、ガス成分夫々に関して基準グラフ上での平均値、標準偏差及び劣化原因、ガス成分夫々に関するメンバーシップ関数は、専門家から見て適切なものである。ここで、平均値、標準偏差、メンバーシップ関数は夫々（劣化原因数6×ガス成分数8）＝48個あり、メンバーシップ関数は台形の関数として定義され、経験がよく代表される。

【0015】以上の前提の下に、二乗平均誤差による推論過程とファジー推論過程を以下に説明する。

（イ） 二乗平均誤差による推論ステップ（# 4、図6）

このステップは図1に示す# 4のステップであり、このステップの詳細が図6に示されている。図示されるように、このステップは組成比グラフの基準グラフに対する劣化原因別偏差値を求めるステップであり、# 31において、各劣化原因における各ガス成分の組成比の平均値及び標準偏差をテーブルより呼び出しながら、# 32に示される劣化原因別偏差値を算出する。この劣化原因別偏差値の算出式の詳細を以下に示す。

【0016】

【数1】

$$e_i = \left(\frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 \left(\frac{x_j - m_{ij}}{S_{ij}} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

i：劣化原因の種類（1～6；1：経年劣化……）

j：ガスの種類（1～8；1：CO₂：H₂、……）

e_i ：劣化原因別偏差値

x_j ：組成比グラフの各ガスjの組成比（%）

m_{ij} ：特定劣化原因iに於ける各ガス成分jに対する組成比の平均値（%）

S_{ij} ：特定劣化原因iに於ける各ガス成分jに対する組成比の標準偏差（%）（これは、専門家から見た m_{ij} の標準偏差の推定値。）

【0017】以上の式により劣化原因別偏差値 e_i を求めるとともに、得られた劣化原因別偏差値 e_i の正規分布内での位置を判断することにより第一確信度E1を割り出す（# 33）。例えば劣化原因別偏差値 e_i が0な

ら第一確信度は100%となる。このステップ（#3）の目的は、基本的には組成比グラフが基準グラフとどれだけずれているかを求めることにあり、前述の組成比の平均値（ m_{ij} ）及び標準偏差（ S_{ij} ）を利用して、検体油の各ガス成分の組成比の分布に於ける偏差を求めるとともに、この偏差を全ガス成分について平均化し、正規分布表を用いて変換し、第一確信度E1を求めている。この方法を採用することにより、いかなる入力データに対しても、どの基準グラフに近いかの順位を決定することが可能となっている。

【0018】（ロ） ファジィ推論による推論ステップ（#5、図7）

このステップは図1に示す#5のステップであり、このステップの詳細が図7に示されている。 図示されるよ

うに、このステップはメンバーシップ関数に基づいて直接この推論方法での第二確信度E2を求めるステップであり、#41において、各劣化原因における各ガス成分の組成比のメンバーシップ関数をテーブルより呼び出しながら、#42に示される第二確信度E2を算出する。以下にこの第二確信度E2に適応される算定式を詳細に説明する。この実施例においては、各ガス毎のメンバーシップ関数 $\mu_{ij}(x_j)$ について「かつ（and）」の演算をする。ファジィ演算では、限界積または、代数積が用いられるが、今回は代数積を採用した。従って、組成比グラフに於ける各ガス成分の組成比（ x_j ）に対する劣化原因iのファジィ推論による第二確信度は、

【0019】

【数2】

となる。
$$E2 = \prod_{j=1}^8 \mu_{ij}(x_j) = \mu_{i1}(x_1) \cdot \mu_{i2}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{i8}(x_8)$$
程と、ファジィ推論過程との結果を総合判断するステップであり、両者で得た確信度を平均することにより最終的な確信度を判定している。

#6、#7、#8ステップ

これらのステップは、以上のステップで得られた結果を出力するステップである。出力形式が表3に示されている。

【0022】

【表3】

【0021】#5ステップ

このステップは、前述の二乗平均誤差を使用する推論過

発生原因	2乗平均誤差による確信度	ファジィ推論による確信度	判定	処置方法
経年劣化	90.0%	53.48%	この変圧器は、かなり経年劣化の傾向にある	1/6Mで傾向管理します
アーク放電	30.0%	0.00%		
過負荷	30.0%	0.00%		
脱水素反応	20.0%	0.00%		
コイル以外加熱	0.0%	0.00%		
コイルの加熱	0.0%	0.00%		

【0023】ここで、#7に示す判定においては、#5で得られた最終的な確信度に従って、例えば経年劣化60%、過負荷15%、他が0%なら、経年劣化と判定する。さらに、その最終的な確信度の大きさによって、「非常に〇〇の傾向」「かなり〇〇の傾向」「少し〇〇の傾向」の3種類の判定を行う。（最終的な確信度がどれも小さければ「どの原因にもあてはまらない」となる。）

次に#8に示す処理方法の出力においては、最後に入力データの絶対値（分析値ppm）と推論された原因によって、どう処置したらよいか次の6種類で出力され

る。出力の形式は、「直ちに停止して点検」「対策を検討する必要がある」「1/Mで監視」「1/3Mで監視」「1/6Mで監視」「1/3Yで監視」に分けられる。

【0024】【参考データ】上記の例においては劣化原因が経年変化の例を示したが、参考として劣化原因がアーク放電である場合の結果を表4、図8に、コイルの加熱である場合の例を表5、図9に示した。

【0025】

【表4】

精密診断分析表

容量	15000 KVA	電 圧	77000 V	製造年	1969 年
製 番	222222	製造者	M社		
			採取日 91-5		
			分析値 (ppm)	組成比 (%)	
一酸化炭素	CO		400.0	24.4	
水 素	C ₂		1000.0	61.0	
メ タ ン	CH ₄		80.0	4.9	
アセチレン	C ₂ H ₂		40.0	2.4	
エチレン	C ₂ H ₄		10.0	0.6	
エ タ ン	C ₂ H ₆		30.0	1.8	
プロピレン	C ₃ H ₆		70.0	4.3	
プロパン	C ₃ H ₈		10.0	0.6	

発生原因	2乗平均誤差による確信度	ファジィ推論による確信度	判 定	処置方法
経 年 劣 化	50.0 %	24.55 %	この変圧器は、わずかにアーク放電の傾向にある	対策を検討する必要がある
アーク放電	0.0 %	0.00 %		
過 負 荷	0.0 %	0.00 %		
脱水素反応	0.0 %	0.00 %		
コイル以外加熱	0.0 %	2.23 %		
コイルの加熱	0.0 %	0.00 %		

【0026】

【表5】

精密診断分析表

容量	15000 KVA	電 圧	77000 V	製造年	1969 年
製 番	333333	製造者	M社		
			採取日 91-5		
			分析値 (ppm)	組成比 (%)	
一酸化炭素	CO		90.0	5.7	
水 素	C ₂		160.0	10.1	
メ タ ン	CH ₄		170.0	10.7	
アセチレン	C ₂ H ₂		0.0	0.0	
エチレン	C ₂ H ₄		510.0	32.1	
エ タ ン	C ₂ H ₆		170.0	10.7	
プロピレン	C ₃ H ₆		410.0	25.8	
プロパン	C ₃ H ₈		80.0	5.0	

発生原因	2乗平均誤差による確信度	ファジィ推論による確信度	判 定	処 置 方 法
経 年 劣 化	50.0 %	100.00%	この変圧器は、非常にコイルの加熱の傾向にある	1/3Mで傾向管理します
アーク放電	40.0 %	0.00%		
過 負 荷	0.0 %	0.00%		
脱水素反応	0.0 %	0.00%		
コイル以外加熱	0.0 %	0.00%		
コイルの加熱	0.0 %	0.00%		

【0027】【別実施例】以上の実施例においては組成比の標準偏差、及びメンバーシップ関数の設定については、経験的に設定したが、これは実際の複数の検体油（劣化原因は単一のもの）の測定値から設定してもよい。また本願の方法は、油入変圧器のガス分析だけでなく、他の設備の油の診断への応用が可能である。

【0028】尚、特許請求の範囲の項に図面との対照を便利にするために符号を記すが、該記入により本発明は添付図面の構成に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】劣化原因推定ステップを示すフロー図

【図2】検体油の組成比グラフを示す図

【図3】各劣化原因による劣化油のガス成分組成分布を

示す図

【図4】アーク放電が劣化原因である場合のガス成分とメンバーシップ関数の関係を示す図

【図5】アーク放電が劣化原因である場合のメンバーシップ関数を示す図

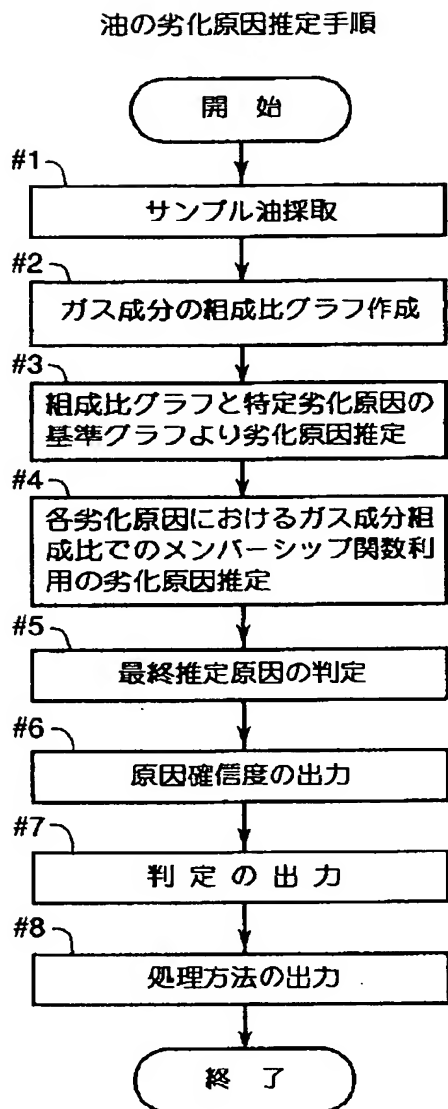
【図6】二乗平均誤差による原因推論ステップの詳細を示す図

【図7】ファジィによる原因推論ステップの詳細を示す図

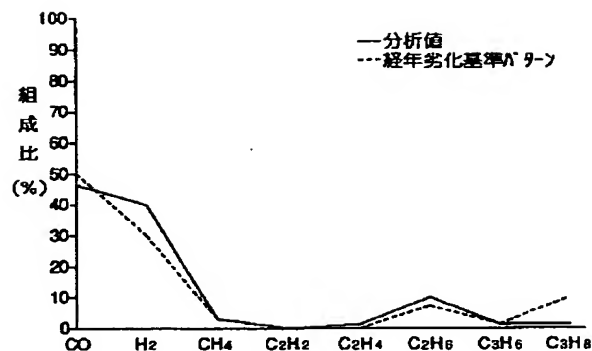
【図8】劣化原因がアーク放電であるサンプル油の組成比グラフを示す図

【図9】劣化原因がコイルの加熱であるサンプル油の組成比グラフを示す図

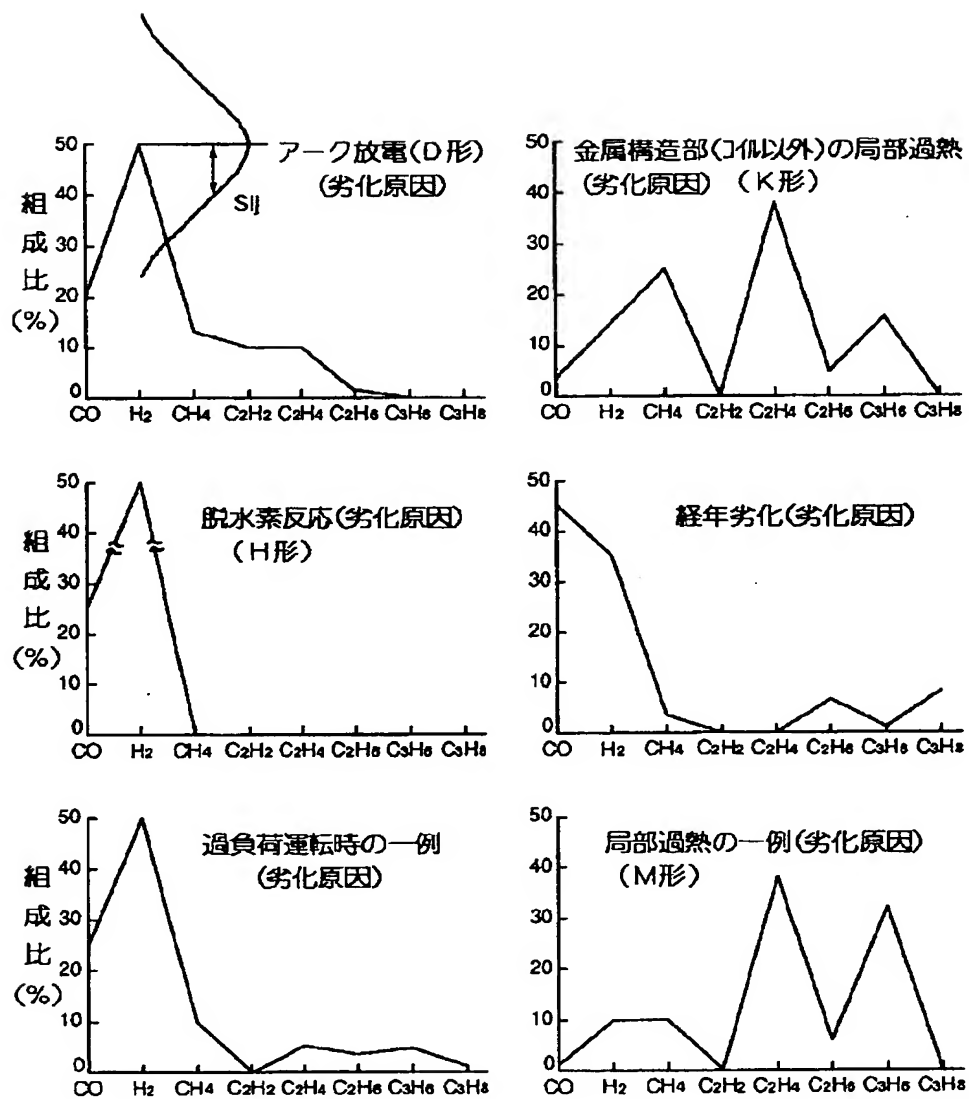
【図1】



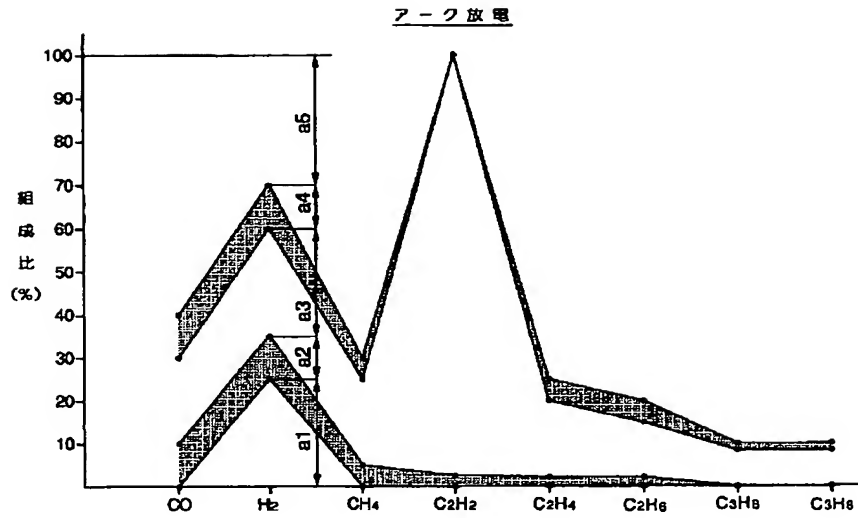
【図2】



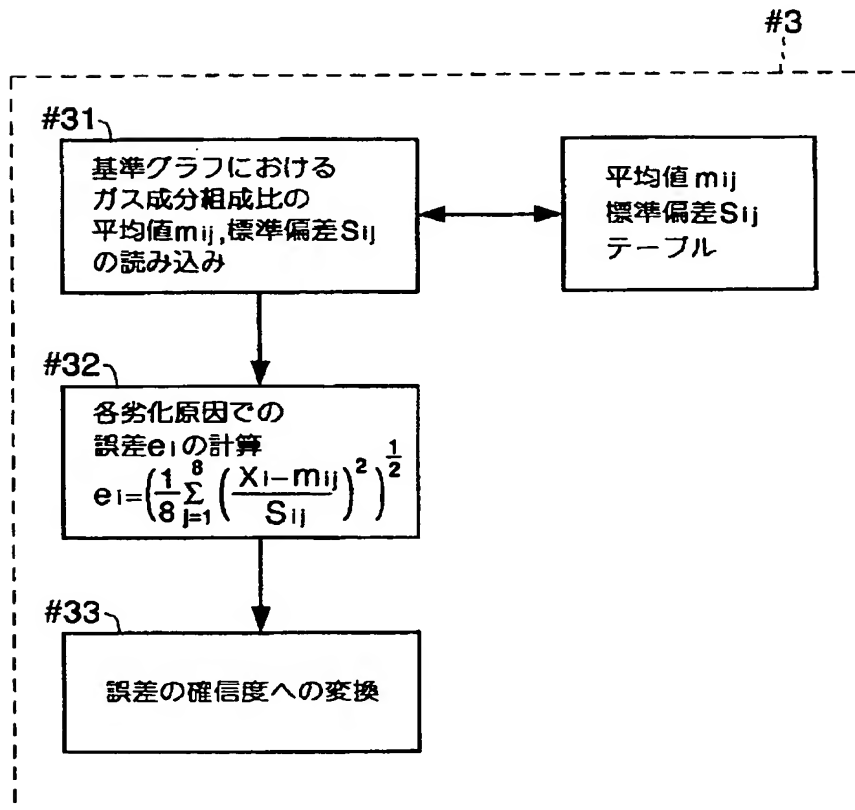
【図3】



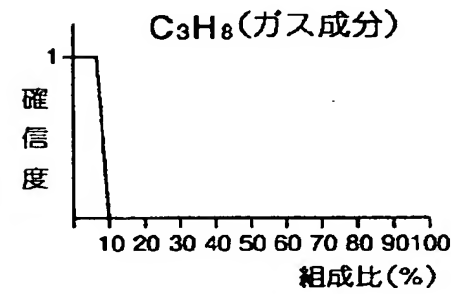
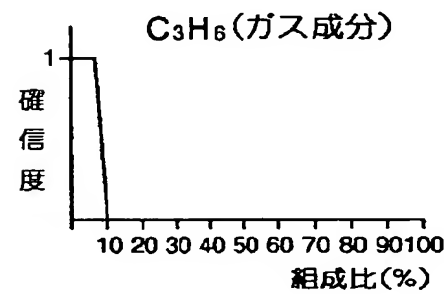
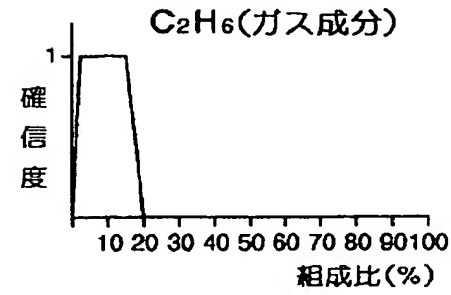
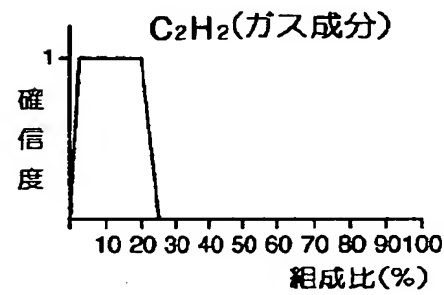
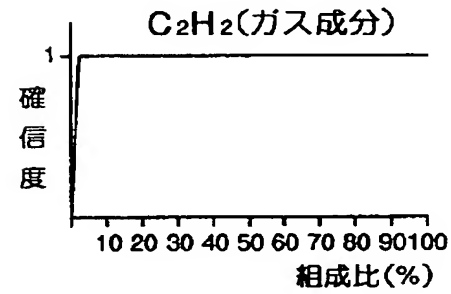
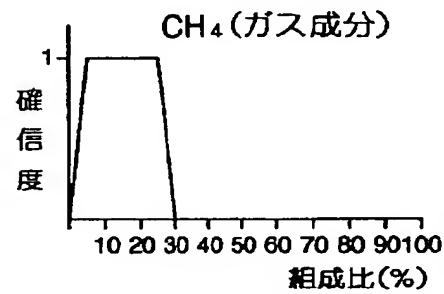
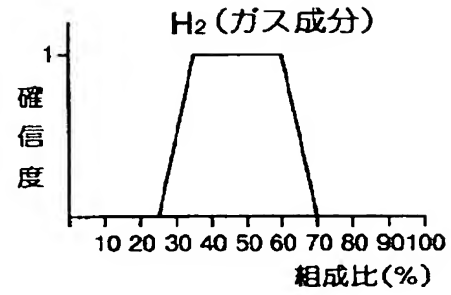
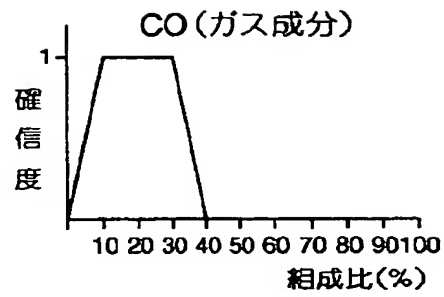
【図4】



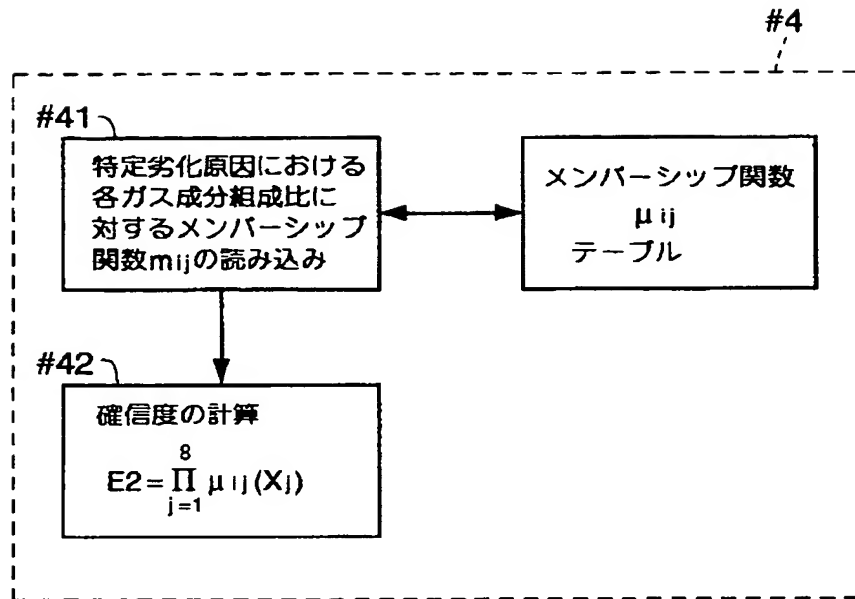
【図6】



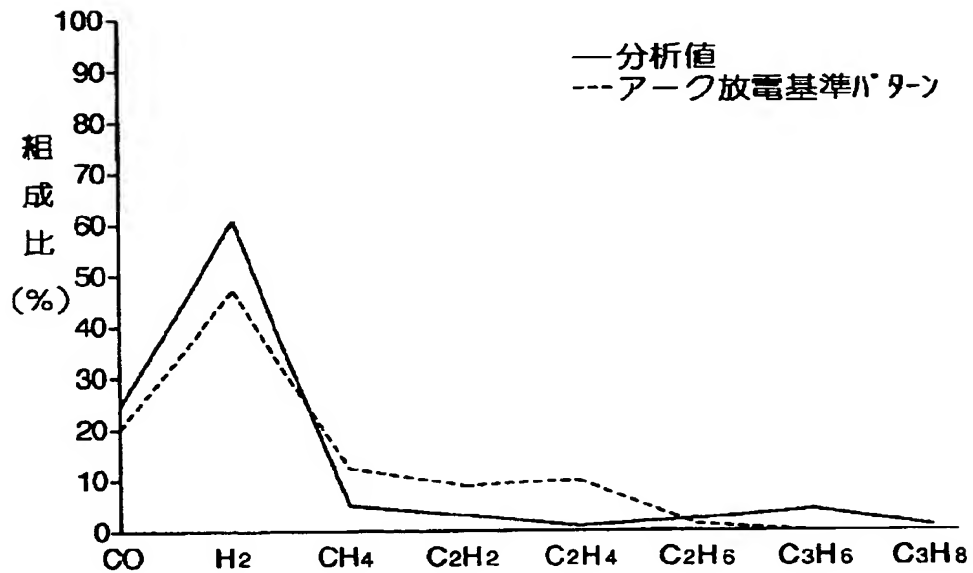
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

